

УДК 621.438

АЛГОРИТМ УЧЕТА ВЛИЯНИЯ ДЕФЕКТОВ ЛОПАТОЧНОГО АППАРАТА ОСЕВОГО КОМПРЕССОРА

**И. С. Зубков¹, П. И. Плишкин², Е. Ю. Искорцев³,
О. В. Беляев⁴, В. Л. Блинов⁵**

^{1,2,3,4,5} Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

¹ lanqtada@gmail.com

Аннотация. В работе рассмотрен алгоритм анализа влияния дефектов лопаточного аппарата осевого компрессора на характеристики работы газотурбинной установки. На основе математического описания топологии геометрии лопаточного профиля, разработан алгоритм построения проточной части осевого компрессора с возможностью внесения локальных дефектов и изменений в лопаточный аппарат для решения задач учета влияния таких изменений на работу турбомашин.

Ключевые слова: газотурбинная установка, осевой компрессор, лопаточный аппарат, дефекты лопаток, геометрические отклонения, математическое описание

ALGORITHM FOR TAKING INTO ACCOUNT THE INFLUENCE OF DEFECTS IN THE BLADE APPARATUS OF AN AXIAL COMPRESSOR

I. S. Zubkov¹, P. I. Plishkin², E. Yu. Iskorcev³, O. V. Belyaev⁴, V. L. Blinov⁵

^{1,2,3,4,5} Ural Federal University named after the First
President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

¹ lanqtada@gmail.com

Abstract. This paper presents the compressor blade algorithm for predicting the defect influence on the characteristics of the stage, axial compressor or GTU as a whole. Based on the description of the topology of the blade profile geometry, an algorithm for constructing the flow path of an axial compressor using the introduction of local defects and changes in the blade apparatus has been developed to solve the problems of accounting for changes in the operation of turbomachines.

Keywords: gas turbine, axial compressor, blade apparatus, blade defects, geometric deviations, mathematical description

В настоящее время газотурбинные установки (ГТУ) находят широкое применение в различных отраслях производств. Одним из важных конструктивных элементов таких установок является осевой компрессор (ОК), лопаточный аппарат (ЛА) которого в ходе эксплуатации подвержен воздействию таких негативных факторов, как эрозийный и коррозионный износ, загрязнение проточной части и попадание различных предметов и частиц, вызывающих повреждения поверхностей лопаток.

Зачастую осуществлять замену дефектного лопаточного аппарата на новый экономически невыгодно, поэтому прибегают к ремонту таких лопаток или к их замене на лопатки, имеющие менее значимые дефекты, после чего компрессор вновь вводят в эксплуатацию. Введение математического аппарата, описанного в статье «Анализ влияния отклонений в геометрии лопаточного аппарата осевого компрессора на характеристики газотурбинной установки» [1], позволяет учесть влияние дефектов ЛА и отразить их на изменении основных параметрах ОК и ГТУ.

Разработанный алгоритм исследования влияния дефектов лопаточного аппарата осевого компрессора на газотурбинную установку в целом представлен на рис. 1. Алгоритм можно условно разделить на четыре этапа, которые отмечены на рисунке римскими цифрами.

Методология проведения оценки технического состояния начинается со сбора сведений об осевых компрессорах и видах дефектов его лопаточного аппарата [1–3], посредством проработки технической литературы, изучения результатов испытаний и других экспериментальных данных.

На втором этапе с помощью специально разработанной математической модели, основанной на применении основных геометрических параметров лопаточного профиля [1; 3], происходит создание геометрии модели бездефектного ЛА и формирование расчетной модели в любой САЕ системе. Это позволяет выполнить расчет лопатки с определением исследуемых газодинамических параметров (КПД, расхода, потерь давления и т. д.), а также прочностных характеристик. Стоит отметить сложность в построении точной модели лопатки чисто математическими методами, именно поэтому для повышения точности необходима верификация получаемых профилей.

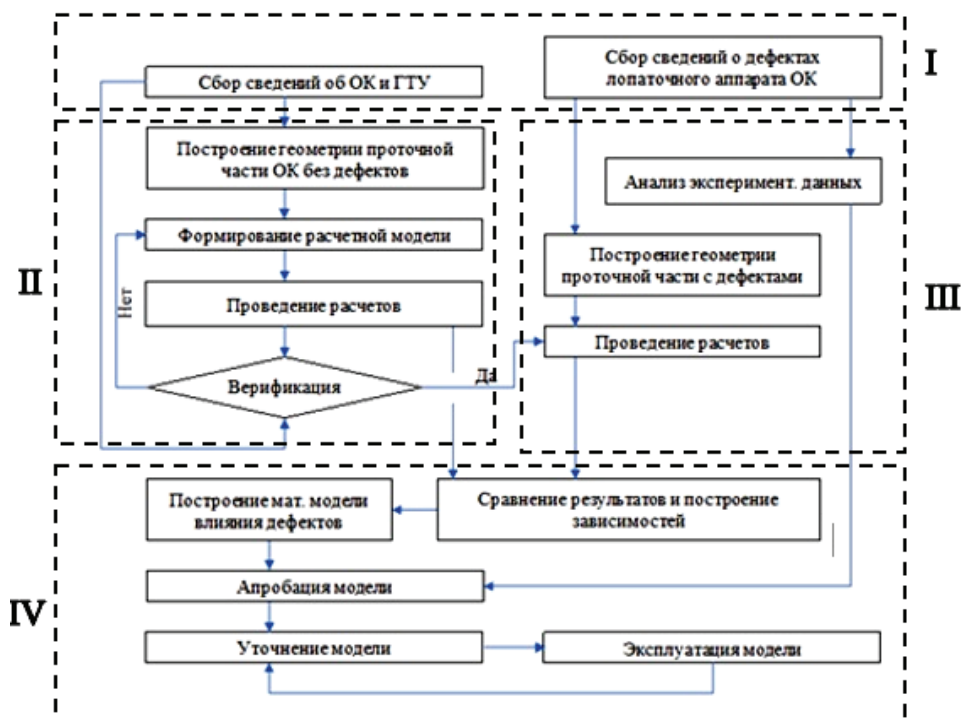


Рис. 1. Алгоритм формирования модели учета влияние дефектов

Если результаты верификации позволяют с достаточной точностью сопоставить численную модель с реальной, то ее можно применить для расчетов ОК с дефектами. При наличии значительных расхождений в сравнении расчетных данных с собранными данными о компрессоре повторяются предыдущие шаги в целях доводки численной модели.

После верификации проводится внесение исследуемых дефектов в лопаточный аппарат ОК. Задание дефектов может происходить вручную в определенной части профиля или путем изменения координаты сразу нескольких точек, регулируя положение управляющих точек кривой Безье [1; 4]. После внесения дефектов выполняется расчет, целью которого является сбор данных о прочности лопаток и характере течения в межлопаточных каналах ОК.

Построение зависимостей по собранным данным позволяет провести количественный и качественный анализы о влиянии каждого типа дефектов на проточную часть ОК, после чего происходит построение математической модели прогнозтики.

Одним из заключительных шагов является апробация модели, под которой понимается сверка результатов реальных испытаний дефектного ЛА ОК с результатами, полученными в ходе расчета. Модель уточняется и отправляется в эксплуатацию, в ходе которой она также дополнительно изучается и по необходимости уточняется.

Путем развития такого метода исследования лопаток может являться модернизация расчетов в сторону расширения номенклатуры исследуемых профилей и учета большего количества типов дефектов. В настоящее время выполнены I, II и III этапы, в качестве дальнейшего развития работы можно считать расширение исследования, а также проработку IV этапа.

Представленный алгоритм для исследования лопаток осевого компрессора может найти применение на предприятиях, эксплуатирующих и ремонтирующих такой тип лопаточных машин, поскольку алгоритм позволит проводить обоснованную комплектацию проточной части лопатками, содержащими различные дефекты, что в перспективе поможет снизить издержки предприятия.

Список источников

1. Блинов В. Л., Зубков И. С. Анализ влияния отклонений в геометрии лопаточного аппарата осевого компрессора на характеристики газотурбинной установки // Современные проблемы теплофизики и энергетики : материалы III международ. конф., 19–23 окт. 2020 г. М. : Изд-во МЭИ, 2020. С. 481–482.
2. Налимов Ю. С. Анализ повреждений лопаток газотурбинных двигателей // Металл и Литье Украины. 2014. № 12 (259). С. 17–22.
3. Ревзин Б. С. Осевые компрессоры газотурбинных газоперекачивающих агрегатов. Екатеринбург : УГТУ, 2000. 90 с.
4. Jaiswal S. Shape parametrization of airfoil shapes using Bezier curves [Electronic resource] // Innovative Design and Development Practices in Aerospace and Automotive Engineering. 2017. P. 79–85. DOI: 10.1007/978-981-10-1771-1_13 (date of access: 11.11.2020).